

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/004647

International filing date: 16 March 2005 (16.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-076286
Filing date: 17 March 2004 (17.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 28 April 2005 (28.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2004年 3月17日

出願番号 Application Number: 特願2004-076286

パリ条約による外国への出願に用いる優先権の主張の基礎となる出願の国コードと出願番号

The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is

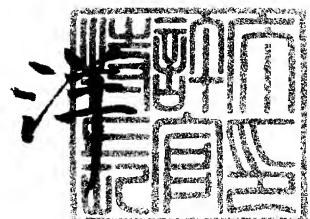
出願人 Applicant(s): 株式会社安川電機

J P 2004-076286

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

2005年 4月13日

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 P047997
【提出日】 平成16年 3月17日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H02M 7/48
【発明者】
【住所又は居所】 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内
【氏名】 森本 進也
【発明者】
【住所又は居所】 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内
【氏名】 佐々木 亮
【特許出願人】
【識別番号】 000006622
【氏名又は名称】 株式会社安川電機
【代理人】
【識別番号】 100105647
【弁理士】
【氏名又は名称】 小栗 昌平
【電話番号】 03-5561-3990
【選任した代理人】
【識別番号】 100105474
【弁理士】
【氏名又は名称】 本多 弘徳
【電話番号】 03-5561-3990
【選任した代理人】
【識別番号】 100108589
【弁理士】
【氏名又は名称】 市川 利光
【電話番号】 03-5561-3990
【選任した代理人】
【識別番号】 100115107
【弁理士】
【氏名又は名称】 高松 益
【電話番号】 03-5561-3990
【選任した代理人】
【識別番号】 100090343
【弁理士】
【氏名又は名称】 濱田 百合子
【電話番号】 03-5561-3990
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 013930
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0002919

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

電圧指令の変調波信号と搬送波とを比較して得られるパルス幅変調信号により制御される PWM インバータ装置の変調波信号作成方法において、

前記搬送波の最大値以下でかつ前記搬送波の最小値より大きな変調波上限値を設け、前記複数相の変調波指令を前記搬送波の最小値と前記変調波上限値の間となるように修正することを特徴とする PWM インバータの変調波指令作成方法。

【請求項 2】

前記複数相の変調波指令から、前記搬送波の最大値と前記変調波上限値との差を減算した後、前記搬送波の最小値と前記変調波上限値の間となるように修正することを特徴とする請求項 1 記載の PWM インバータの変調波指令作成方法。

【請求項 3】

前記複数相の変調波指令の最大値と最小値との差が前記変調波上限値と前記搬送波の最小値との差と一致するようにし、前記複数相の変調波指令の全てが最大値または最小値のどちらかとなる変調率まで変調率指令と実際の変調率とが一致するように前記複数相の変調波指令を補正することを特徴とする請求項 2 記載の PWM インバータの変調波指令作成方法。

【請求項 4】

PWM インバータ装置のスイッチング素子の駆動回路電源として、負側のスイッチング素子のパルスを使用してコンデンサに電荷をためることにより電源を得るチャージポンプ回路により構成される PWM インバータ装置の変調波指令作成方法において、

前記搬送波の周波数における前記負側のスイッチング素子のパルス幅が前記チャージポンプ回路の出力電圧を確保するために必要なパルス幅となるように前記変調波上限値を決めることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項記載の PWM インバータの変調波指令作成方法。

【請求項 5】

前記変調波上限値は出力周波数が高くなったときに前記 PWM 搬送波の最大値と一致するように変化させることを特徴とする請求項 4 記載の PWM インバータの変調波指令作成方法。

【請求項 6】

前記 PWM インバータ装置の複数相の出力相電流を各相の負側のスイッチング素子と前記直流電源の負側との間で検出する PWM インバータ装置において、

前記負側のスイッチング素子のパルス幅が電流を検出するのに十分な時間を確保できるように前記変調波上限値を決めることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項記載の PWM インバータの変調波指令作成方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】PWMインバータの変調波指令作成方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、PWMインバータにおける負側のスイッチング素子のON時間を制限するPWMインバータの変調波指令作成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

PWMインバータは搬送波と変調波指令とを比較して得られるPWM指令によりスイッチング素子をON/OFFすることにより負荷に対して電力を供給するものである。

図8に一般的なPWMインバータ装置の概要を示す。

図において、80はPWMインバータ装置、81は直流電源、82はスイッチング素子としてのIGBTトランジスタ、83はフリーホイールダイオード、84はスイッチング素子駆動回路を示している。IGBTトランジスタと逆並列接続されたフリーホイールダイオードでスイッチS1を構成し、これを2個S1、S2直列接続してなる1組で1相分として、これを3組用いて3相を構成する。

PWMインバータ装置80は直流電源を正側のスイッチS1および負側のスイッチS2から1つの相の出力を構成し、これを並列に必要な相分を接続した構成となっており、正側と負側の2つのスイッチング素子を駆動することによりパルス電圧を発生して負荷に電力を供給する。

図9は従来のPWM指令の作成の手順を示す図である。

図において、91は搬送波（三角波）、92は変調波指令（正弦波）を示している。図に示すようにPWM信号は搬送波91と変調波指令92と比較してパルス信号を作成し、更に前記パルス信号の反転信号を作成した後、スイッチング素子の正側と負側の2つに分けて作成される。

また、図8の同相の正側と負側のスイッチング素子が同時にONした場合に直流電源が短絡するため、同時にON状態とならないようにデッドタイムを設けている。一般的に電圧指令通りの電圧を出力するように変調波指令を作成する。

変調波指令作成の際には出力周波数の3次高調波成分を重畠する方法や空間ベクトル変調と呼ばれる方法により変調波を作成することにより実行値が電源電圧値の $1/\sqrt{2}$ （約0.71）倍までの交流信号を歪みなく出力することができる。

図10は空間ベクトル法により作成された3相交流の変調波の例を示す。各相の波形は連続的ではないが2つの相の差をとると正弦波となる。

また、更に変調率と実際に出力される変調率との関係を3相インバータの場合に6ステップまで線形となるような過変調補正と呼ばれる補正を加えることにより出力可能な電圧を全て利用するようにしているものもある。6ステップ出力の基本波成分の実行値は前記直流電源電圧値の約0.78倍となる（例えば、非特許文献1参照）。

図11は負側パルスを利用してスイッチング素子の駆動電源を作成するチャージポンプ回路を示している。図において、80は図8に示したPWMインバータ装置、85はチャージポンプ回路である。チャージポンプ回路85は第2の直流電源+Vsから、各相についてそれぞれ順方向に接続されたダイオード851とコンデンサ852を介してスイッチング素子駆動回路84に接続されている。

しかし、このようなチャージポンプ回路85を利用するものでは、負側パルスがOFF状態となった場合にコンデンサの電圧が下がり、スイッチング素子を駆動するのに十分な電圧を確保できなくなる。充電量と消費電力の関係から、搬送波の周波数とその周波数における前記負側のスイッチング素子の最小ON時間がわかるので、前記パルス幅を確保するように変調率に制限を加えていた。

また、図12は本発明の方法を適用する電流検出回路を示す図である。

図において、80はPWMインバータ、86は負側のスイッチS2と直流電源81の負側との間に挿入されたシャント抵抗である。

図に示すように PWM インバータ 8 0 の出力相電流を負側スイッチ S 2 と直流電源 8 1 の負側との間のシャント抵抗 8 6 で検出するような構成の場合、電流検出部分に出力電流が流れるのは負側のスイッチ S 2 が ON の状態の時のみであり、電流を検出するタイミングで負側のスイッチ S 2 を必ず ON にする必要がある。このため、変調率を制限することによりパルス幅を確保するようにしていた。

【非特許文献 1】 Ahmet M. Hava, Russel J. Kerkman, Thomas A. Lipo, Carrier-Based PWM-VSI Overmodulation Strategies: Analysis, Comparison, and Design, IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 13, NO. 4, JULY 1998

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

従来の変調波作成方法では、スイッチング素子の駆動電源として図 1 1 に示すような負側パルスを利用して電源を作成するチャージポンプ回路を利用する場合や、図 1 2 に示すように PWM インバータの出力相電流を前記負側のスイッチング素子と前記直流電源の負側との間で検出するような構成の場合に、変調率を制限していたため、出力される電圧が制限されるという問題点があった。

また、これをモータ制御に利用する場合、モータの回転数が上がると誘起電圧が上昇するため、電圧を制限することにより回転数の最大値が下がる、あるいは最大回転数時の発生トルクが制限されるという問題点があった。

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、前記負側のスイッチング素子の最小パルス幅を確保しながら、電圧出力を拡大する方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記問題を解決するため、本発明は、次のようにしたのである。

請求項 1 記載の発明は、電圧指令の変調波信号と搬送波とを比較して得られるパルス幅変調信号により制御される PWM インバータ装置の変調波信号作成方法において、前記搬送波の最大値以下でかつ前記搬送波の最小値より大きな変調波上限値を設け、前記複数相の変調波指令を前記搬送波の最小値と前記変調波上限値の間となるように修正するという方法をとったのである。

請求項 2 記載の発明は、前記複数相の変調波指令から、前記搬送波の最大値と前記変調波上限値との差を減算した後、前記搬送波の最小値と前記変調波上限値の間になるように修正する方法を請求項 1 に加えたものである。

更に、請求項 3 記載の発明は、前記複数相の変調波指令の最大値と最小値との差が前記変調波上限値と前記搬送波の最小値との差と一致するようにし、前記複数相の変調波指令の全てが最大値または最小値のどちらかとなる変調率まで変調率指令と実際の変調率とが一致するように前記複数相の変調波指令を補正する方法を請求項 2 に加えたものである。

請求項 4 記載の発明は、PWM インバータ装置のスイッチング素子の駆動回路電源として、負側のスイッチング素子のパルスを使用してコンデンサに電荷をためることにより電源を得るチャージポンプ回路により構成される PWM インバータ装置において、前記搬送波の周波数における前記負側のスイッチング素子のパルス幅が前記チャージポンプ回路の出力電圧を確保するために必要なパルス幅となるように前記変調波上限値を決めるものである。

請求項 5 記載の発明は、前記変調波上限値は出力周波数が高くなったときに前記 PWM 搬送波の最大値と一致するように変化させる方法を請求項 4 に加えたものである。

請求項 6 記載の発明は、前記 PWM インバータ装置の複数相の出力相電流を各相の負側のスイッチング素子と前記直流電源の負側との間で検出する PWM インバータ装置において、前記負側のスイッチング素子のパルス幅が電流を検出するのに十分な時間を確保できるように前記変調波上限値を決めるものである。

【発明の効果】

【0005】

請求項 1 に記載の発明によると、前記負側のパルス幅を確保しつつ、変調率を制限する場合よりも大きな電圧を出力することができる。

また、請求項 2 に記載の発明によると、交流電圧出力時の電圧歪みを少なくすることができる。

更に、請求項 3 記載の発明によると、過変調補正を加えることにより、電圧を最大限に利用することが可能となる。

請求項 4 記載の発明によると、P WM インバータ装置のスイッチング素子の駆動回路電源として、負側のスイッチング素子のパルスを使用してコンデンサに電荷をためることにより電源を得るチャージポンプ回路により構成される P WM インバータ装置において、前記負側のスイッチング素子のパルス幅を確実に保持できる。

更に、請求項 5 記載の発明によると、高い周波数でパルス幅による制限を受けないようにでき、モータ制御のように周波数が上昇するのに従って電圧が上昇する用途では、回転数や発生トルクの制限を受けないようにできる。

請求項 6 記載の発明によると、前記 P WM インバータ装置の複数相の出力相電流を各相の負側のスイッチング素子と前記直流電源の負側との間で検出する P WM インバータ装置において、変調率を制限するよりも高い電圧出力で確実に電流の検出ができるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0 0 0 6】

以下、本発明の P WM インバータの変調波指令作成方法の具体的実施例について、図に基づいて詳細に説明する。

【実施例 1】

【0 0 0 7】

図 1 は、本発明の実施例を示す制御ブロック図である。

図 1 の各ブロック要素の機能について説明する。電圧指令作成部 2 は電流検出値 1 0 や電流指令 1 1 から電圧指令 1 2 を作成する。変調波指令作成部 3 は電圧指令 1 2 が大きい場合は制限し、電圧指令どおりの電圧が出力されるように変調波指令 1 3 を作成する。変調波制限部 4 は変調波指令 1 3 を変調波上限値 1 4 と搬送波の最小値との間になるように変調波指令を制限する。

前記制限された変調波指令 1 5 は、P WM 信号発生部 5 により搬送波と比較されデッドタイム処理を施して P WM 信号 1 6 を出力し、P WM インバータ装置 1 のスイッチング素子駆動回路 6 によりスイッチング素子の ON/OFF を制御して負荷へ電力を供給する。

また、図 1 には記載していないが、一般的に電圧指令または変調率指令に対し、前記デッドタイムにより変化する電圧分の補償を電流指令または電流検出あるいは電流推定値などを用いて行うようにすることにより、電圧指令と実電圧が一致するようにしている。

【0 0 0 8】

そこで、請求項 1 記載の発明について説明する。

図 1 のように変調波制限部を設けたことにより、図 2 のようにして P WM 指令を作成することになる。つまり、変調波指令に対し、搬送波の最大値よりも小さな変調波上限値を設け、変調波指令を前記搬送波の最小値と前記変調波上限値との間となるように修正することにより、図 2 の丸で囲って示すように負側の P WM 指令は前記変調波上限値に従って必ずある幅を確保することができる。

【0 0 0 9】

次ぎに、請求項 2 記載の発明について説明する。

変調波の上限のみ制限を加えた場合、P WM 指令に歪みが生じる。これを解消するため、変調波指令作成後、図 3 のようにして各相の変調波指令から前記搬送波の最大値 P_{max} と前記変調波上限値 M_{max} との差分を減算することにより、指令の振幅の中心が前記搬送波の最小値と前記変調波上限値との中心とすることができる、P WM 指令の歪みを解消することができる。

【0 0 1 0】

さらに、請求項3記載の発明について説明する。

変調波指令に正弦波信号を使う場合、正弦波信号の最大値が搬送波の最大値と一致するまで変調率の指令と実際の変調率は一致する。この最大となったときの変調率を1.0とすると、出力周波数の3次高調波成分を重畠することにより変調率1.15まで指令と実際値を一致させることができることが一般的に知られている。実際の変調率が最大となるのは、6ステップと呼ばれている各相の変調波指令が最大値または最小値のどちらかになる場合であり、このときの変調率は約1.27となる。

ただし、変調率が1.15を超えると変調率指令と実際の変調率の関係は図4のようになり、変調波の作成の方法により異なるが、一致しなくなる。図4には一致しなくなる変調率1.0以上ののみを示している。図4の2相変調の場合は変調率指令が約2.3の時に変調率が最大(6ステップ)となる。この関係から2相変調の場合、変調率1.15を超えたときに図4に示す曲線を表す関数の逆関数をかけることにより、変調率1.27まで指令と実際を一致させることができる。

これは一般的に過変調補正と呼ばれる方式である。

過変調補正の方法としては、逆関数から求める方法の他に、変調波指令と同じ極性の矩形波を加算させる方法もある。本発明は、変調波が変調波上限値と搬送波最小値の間で前記過変調補正と同様な補正を加えることにより、変調率を制限するよりも多くの電圧を出力することが可能となるものである。

本発明を適用する用途ではパルス幅を確保するために請求項1または請求項2に記載したように、変調波が制限される。

変調波上限値Mmaxと搬送波最小値Pminとの差と、搬送波の最大値Pmaxと最小値Pminとの差の比をKmとするとき、Kmは式(1)のようになり、比Kmの分だけ出力可能な変調率が下がることになる。

【数1】

$$Km = \frac{M_{max} - P_{min}}{P_{max} - P_{min}}$$

変調率を制限する従来の方法では、変調波の上限と下限の両方を制限されることになるため、制限される比は式(2)となり、

【数2】

$$Km' = \frac{M_{max} - P_{min} - (P_{max} - M_{max})}{P_{max} - P_{min}} < Km$$

3次高調波を重畠する方式または空間ベクトル方式の場合、変調率 $1.15 \times Km'$ までしか出力できないのに対し、本発明では変調率 $1.27 \times Km$ までの出力が可能となる。

図5に本発明と従来および過変調補正なしの場合の変調率指令と実際の変調率との関係を示す。

【0011】

次ぎに、請求項4記載の発明について説明する。

図6には、図11に示すようなチャージポンプ回路によりスイッチング素子の駆動電源を作成する場合の駆動電源電圧と負側パルス幅の関係が示されている。

チャージポンプによる蓄電量は負側パルスが入ったときに蓄電され、負側パルスがない場合に減少する。従ってスイッチング素子駆動に十分な電圧を確保するためには消費電力とパルスによる蓄電量との関係から、搬送波の周波数における負側パルス幅を求めることができる。求めたパルス幅からデッドタイム分を考慮して変調波上限値を求め、請求項1または請求項2または請求項3を適用することにより、チャージポンプ電圧を確実に確保しつつ従来方法よりも大きな電圧を出力することが可能となる。尚、搬送波周波数が高いほど変調波上限値を高くすることができます。

【0012】

次ぎに、請求項5記載の発明について説明する。

変調波の上限値を設けない場合、負側パルスがOFFの区間が最も長くなるのは、変調率が最大となる6ステップ動作時である。チャージポンプ回路の電源が最大の時から電力消費によって減少してスイッチング素子を駆動するために必要な最小の電圧となるまでの時間Tから、6ステップ動作時の最小の出力周波数指令を求める式(3)となる。

【数3】

$$F_{out} = \frac{1}{2T}$$

これを用いて前記変調波上限値を出力周波数に従って徐々に増加させ、出力周波数がF_{out}以上の場合には前記変調波上限値を搬送波の最大値に一致させることにより、高い周波数では電圧出力を制限しないようにできる。ただし、スイッチング素子の特性からスイッチング可能な最小パルス幅というものがあるため、これを考慮して変調波上限値は図7のように変化させるようとする。

すなわち、図7において、周波数が0の時は変調波上限初期値から出発し、周波数が増加するにしたがって直線的に増加し、最小パルス幅上限を超える場合は最小パルス幅上限で制限し、周波数がF_{out}以上となると上限値=搬送波最大値となるようにしている。

【0013】

次ぎに、請求項6記載の発明について説明する。

図12のようにPWMインバータ装置の複数相の出力相電流を各相の負側のスイッチング素子と前記直流電源の負側との間で検出する構成の場合、前記負側のスイッチング素子のパルス幅は、電流を検出するのに必要な時間T_i以上を確保する必要がある。搬送波が図8に示したような三角波の場合、変調波上限値は搬送波の最大値からT_i/2分だけ下げた値となる。尚、これはパルス幅のみが確定するため、搬送波周波数が高いほど変調率は制限されることになる。

【0014】

以上のように、本発明は、負側スイッチング素子のパルス幅を確保しながら大きな電圧を出力することが可能となるので、駆動電源としてチャージポンプ回路を利用するものの、または出力電流の検出を負側スイッチング素子と直流電源の負側で検出するようなPWMインバータ装置の出力電圧を改善することができ、特性の劣化を最小限にしながらインバータ装置の低コスト化を可能とする。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施例を示す制御ブロック図である。

【図2】本発明の請求項1の方法によるPWM指令の作成の手順を示す図である。

【図3】本発明の請求項2の方法による変調波指令作成ブロック図である。

【図4】従来の変調率と実際の変調率との関係を示す図である。

【図5】本発明の方法による変調率と実際の変調率との関係を示す図である。

【図6】チャージポンプ回路の蓄電量の変化を示す図である。

【図7】スイッチング可能な最小パルス幅を考慮して変化させた変調波上限値の線図を示す図である。

【図8】本発明の方法を適用するPWMインバータ装置の構成例を示す図である。

【図9】従来のPWM指令の作成の手順を示す図である。

【図10】従来の空間ベクトル法による変調波指令の例を示す図である。

【図11】本発明の方法を適用するチャージポンプ回路を示す図である。

【図12】本発明の方法を適用する電流検出回路を示す図である。

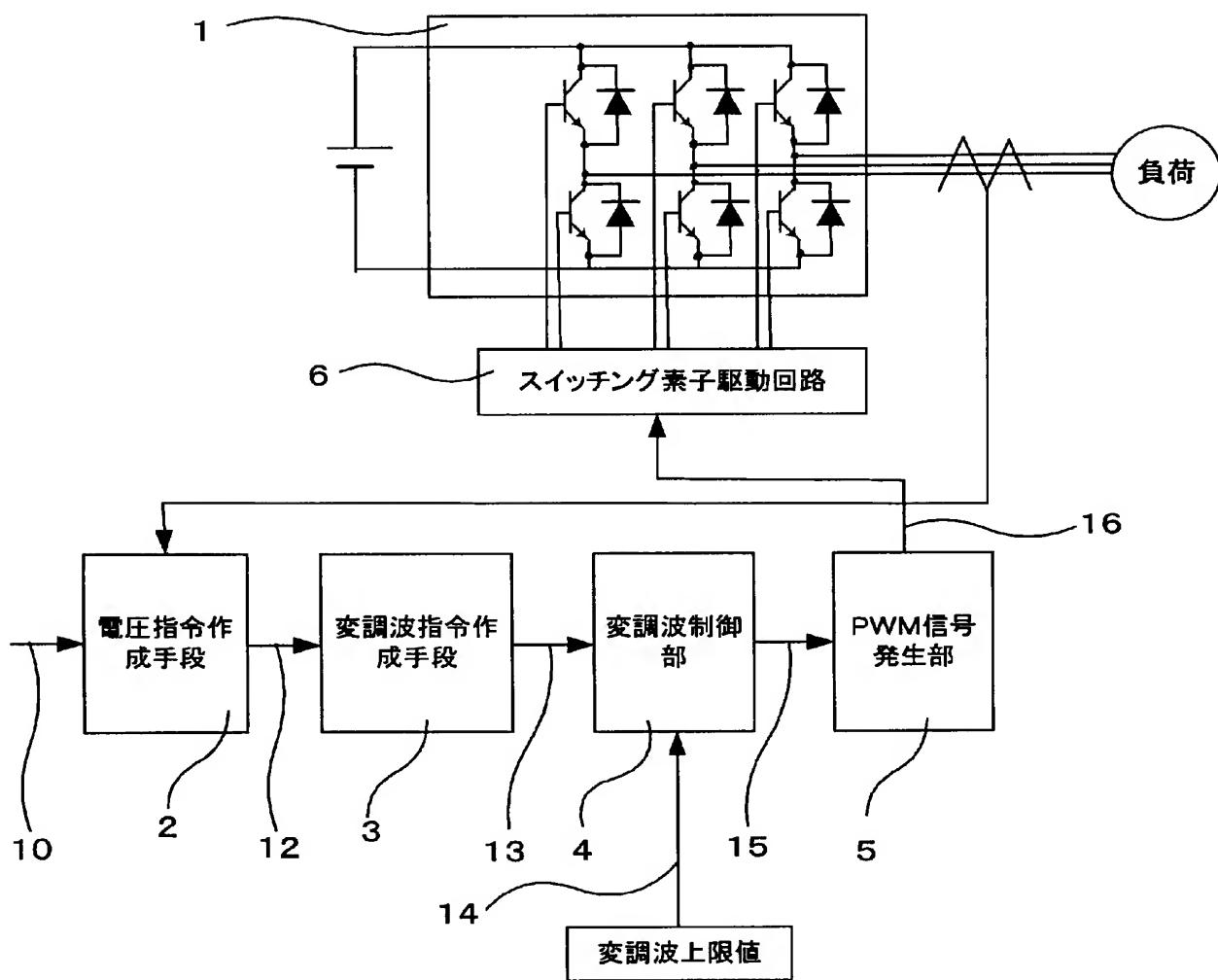
【符号の説明】

【0016】

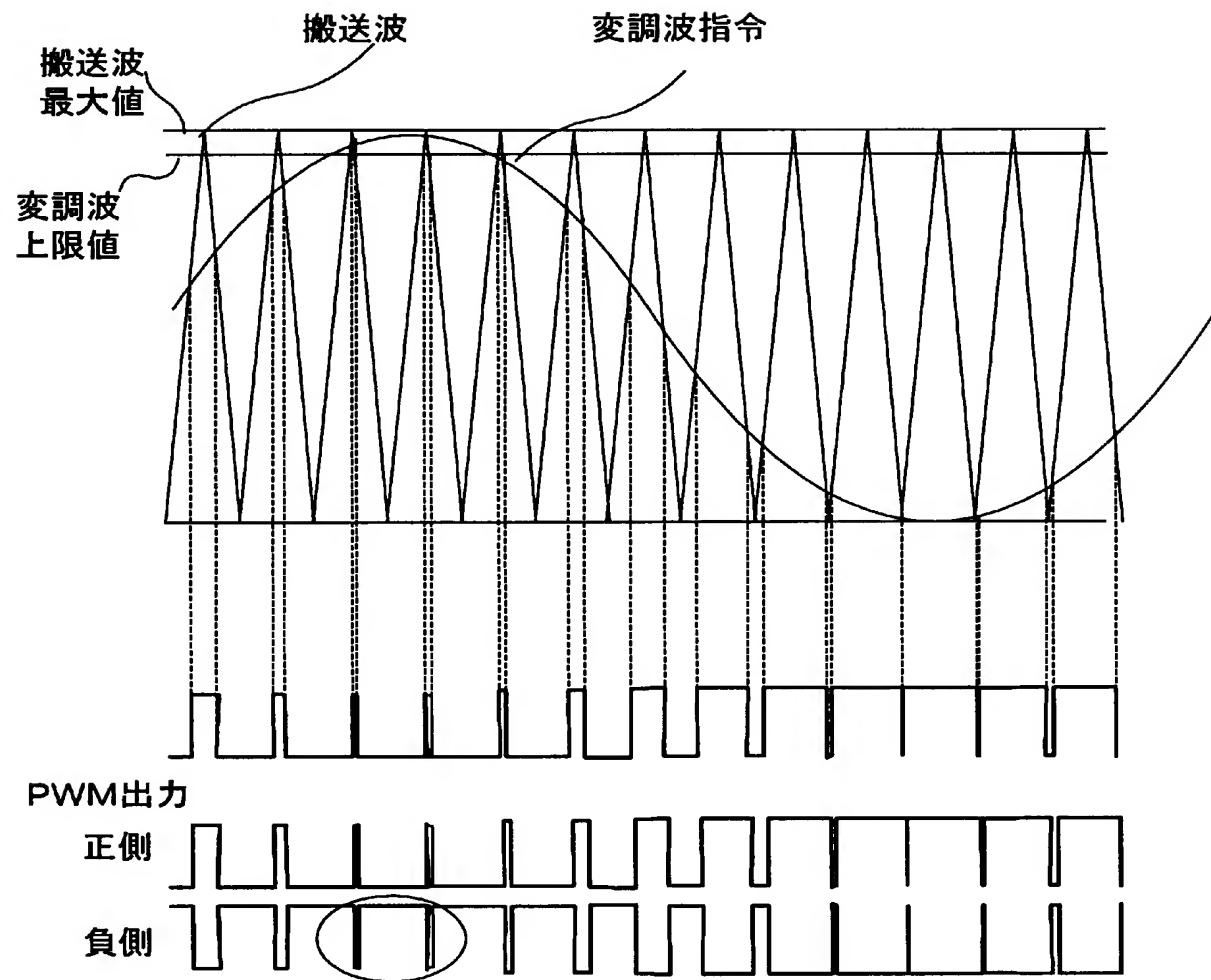
2 電圧指令作成部
3 変調波指令作成部
4 変調波制御部
5 PWM信号発生部
6 スイッチング素子駆動回路
1 0 電流指令
1 1 電流検出
1 2 電圧指令
1 3 変調波指令
1 4 変調波上限値
1 5 制限された変調波指令
1 6 PWM信号

【書類名】図面

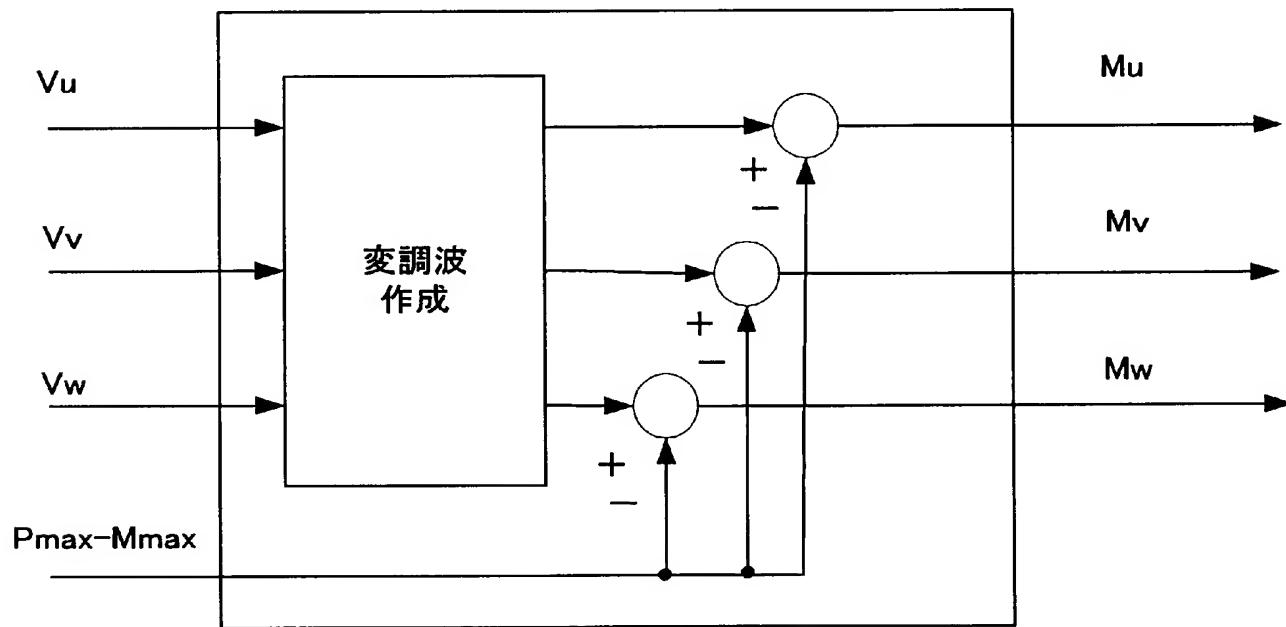
【図 1】



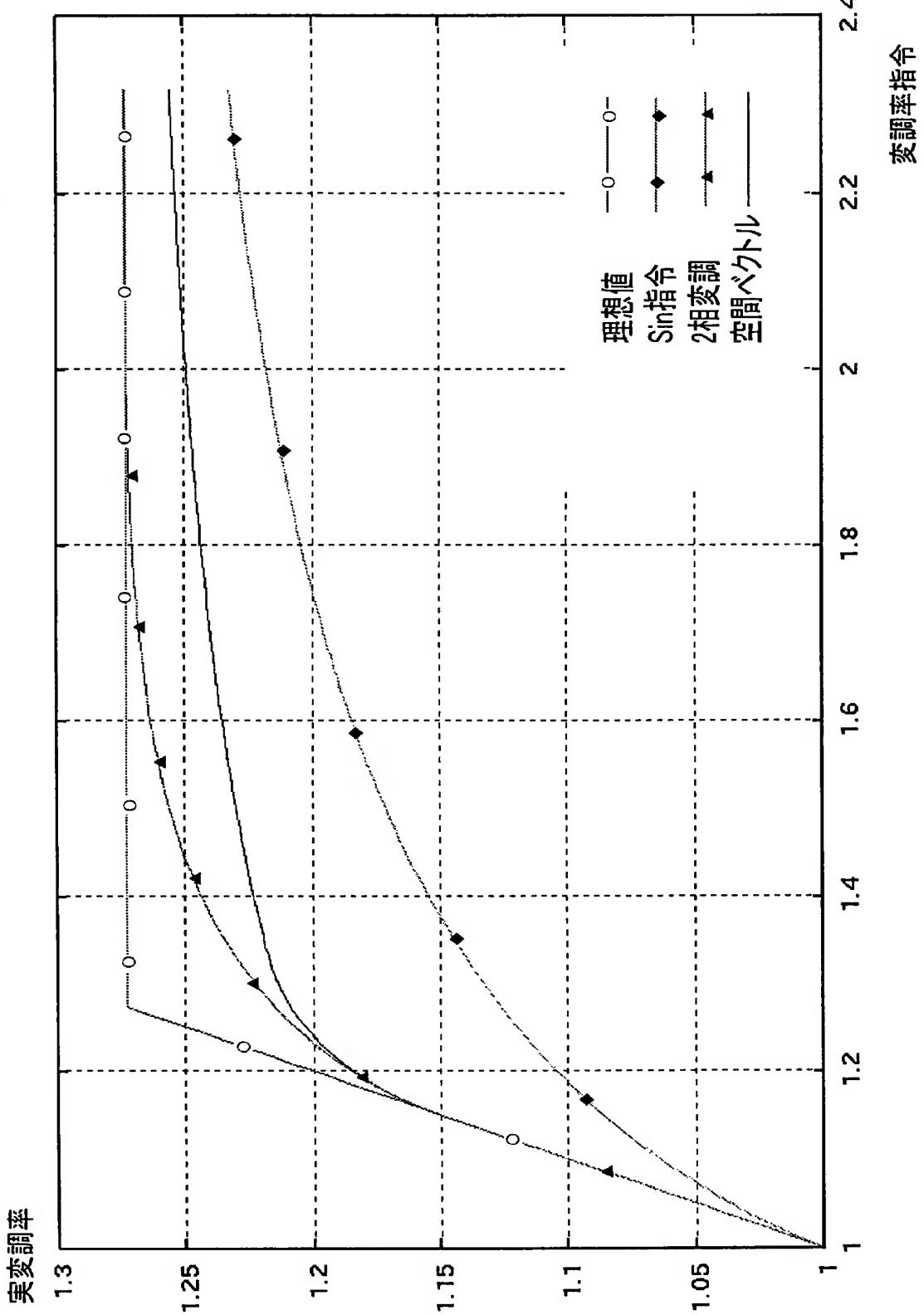
【図 2】



【図 3】

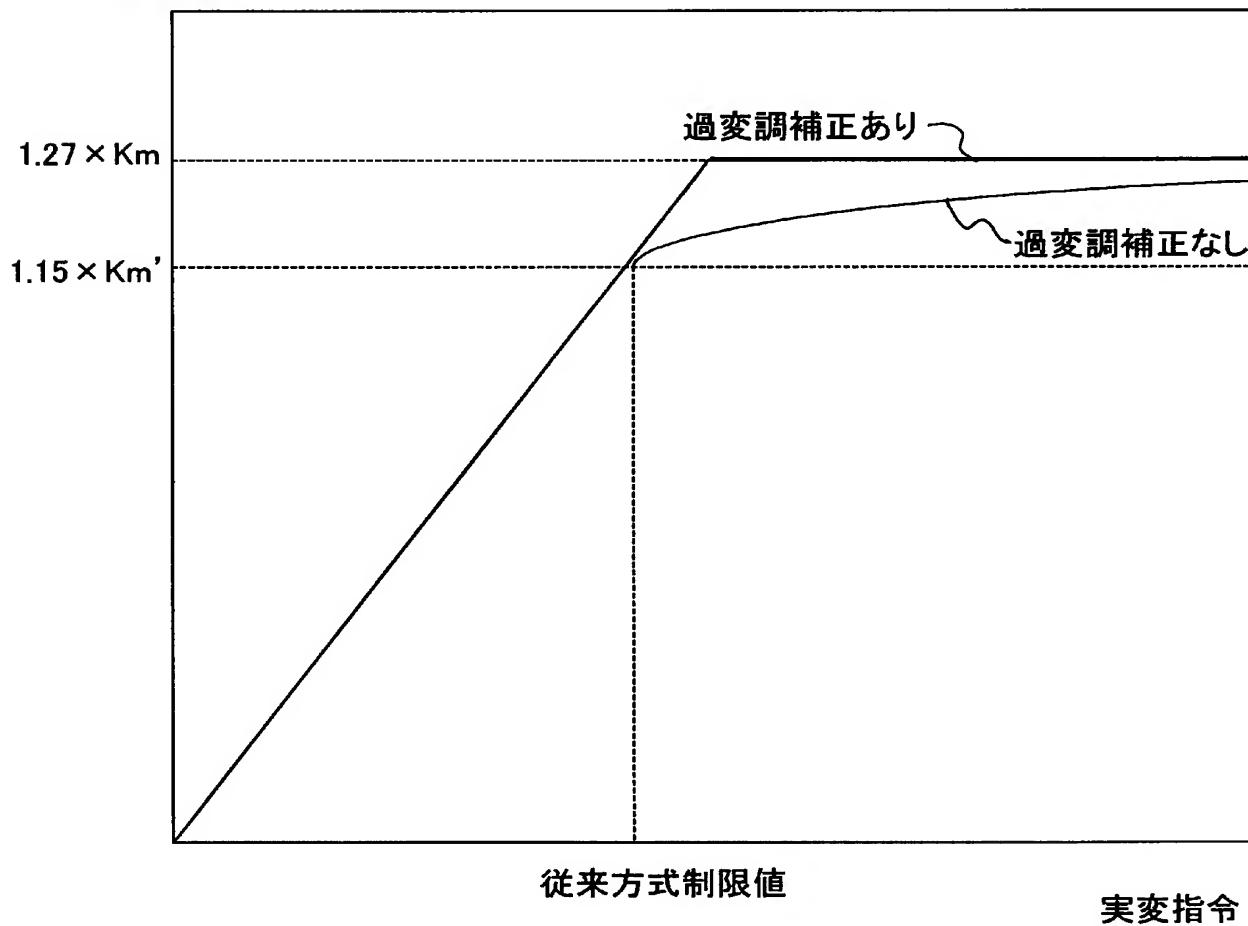


【図 4】

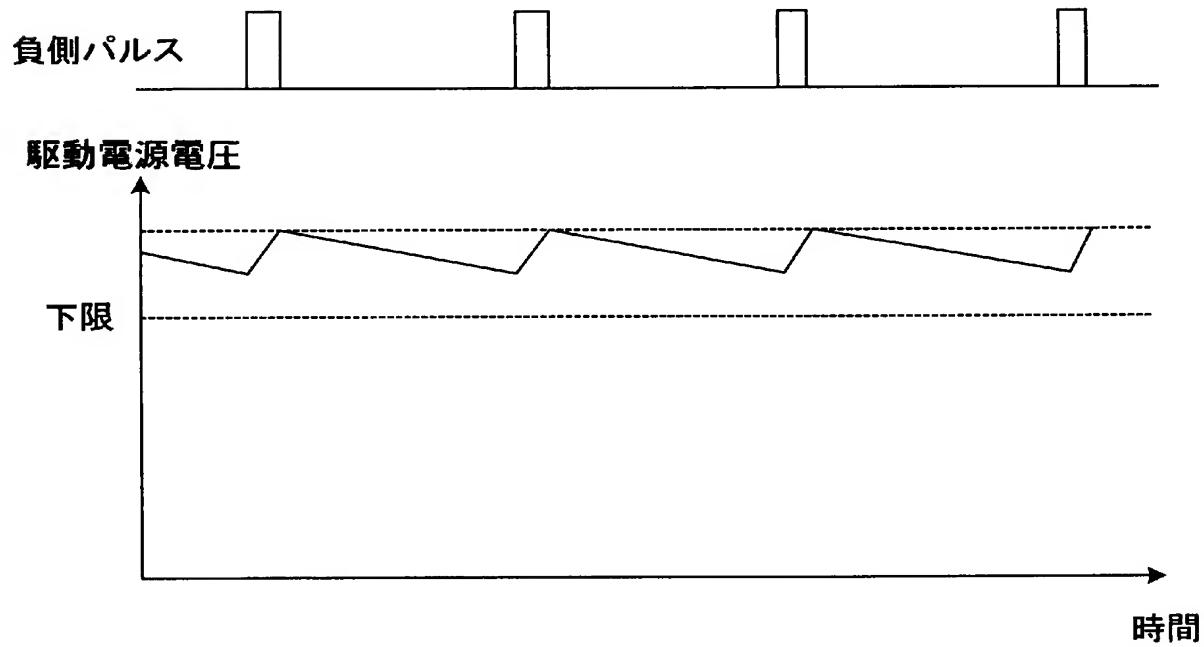


【図 5】

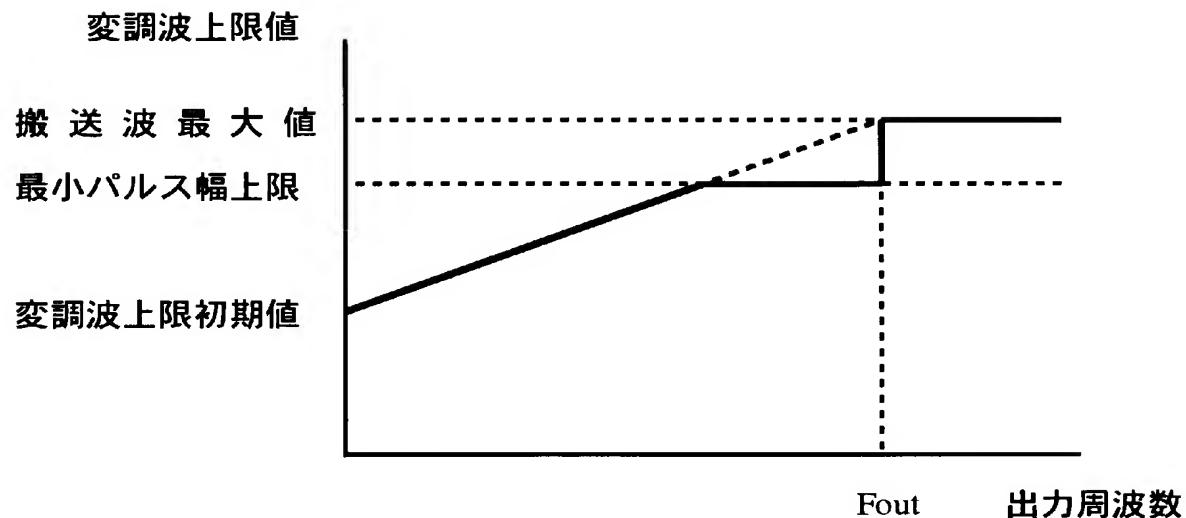
実変調率



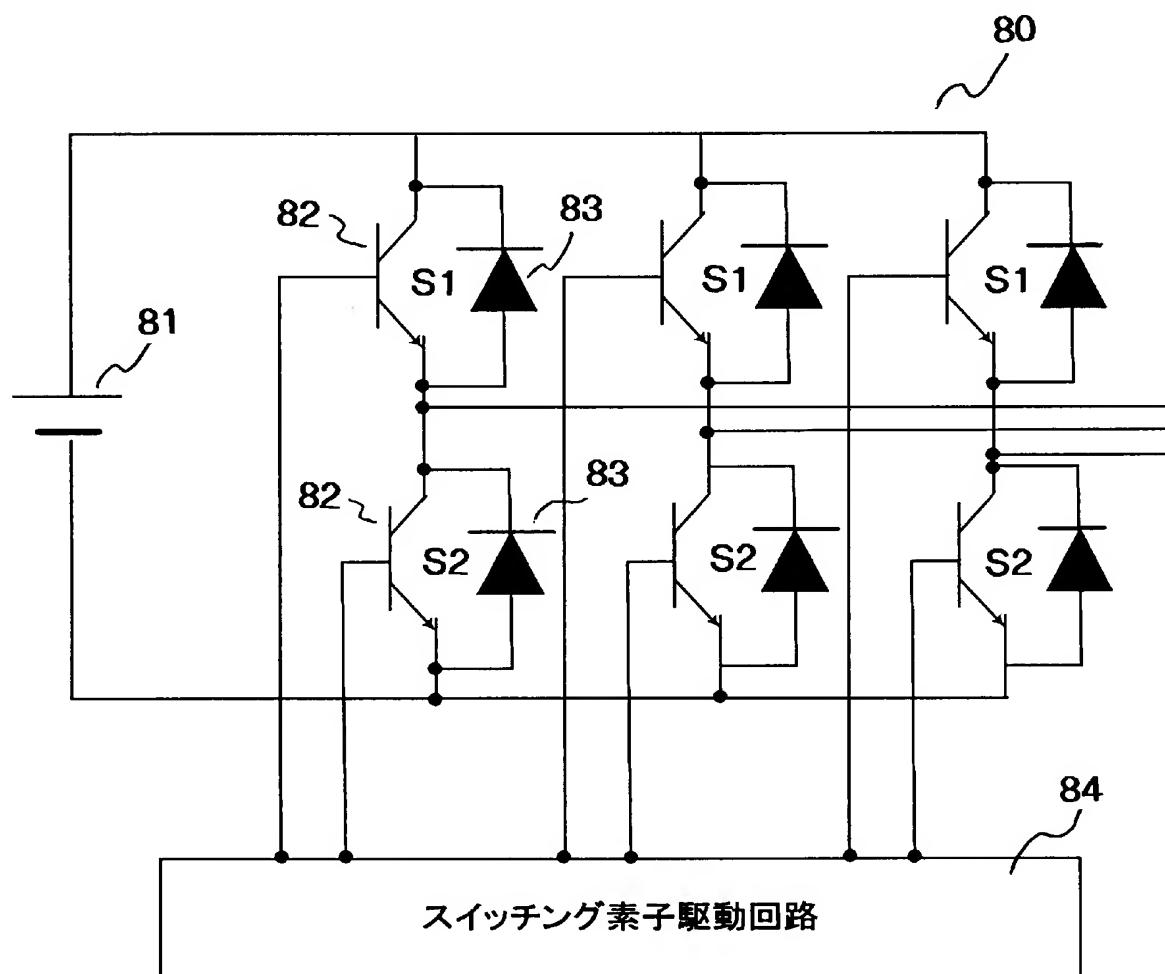
【図 6】



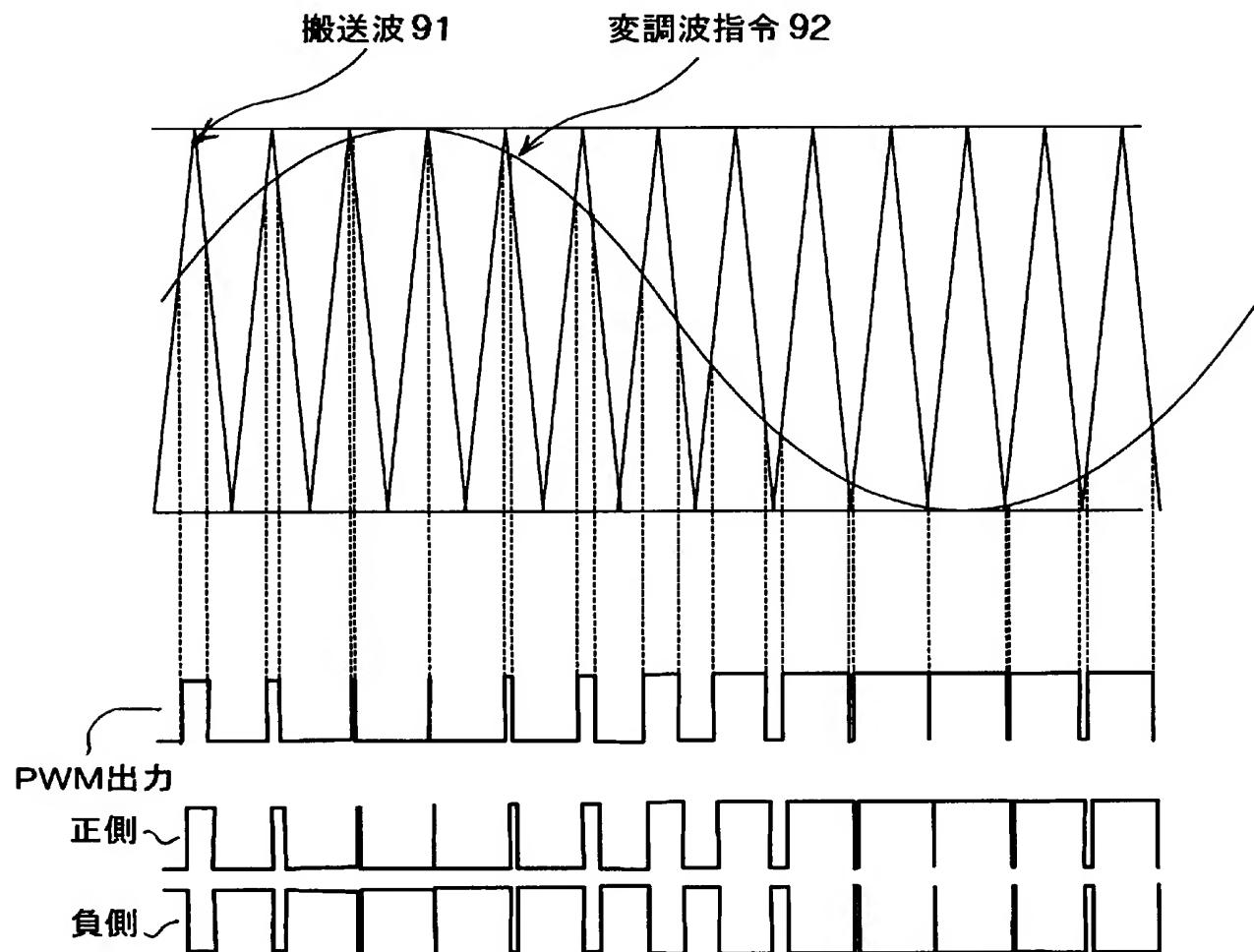
【図 7】



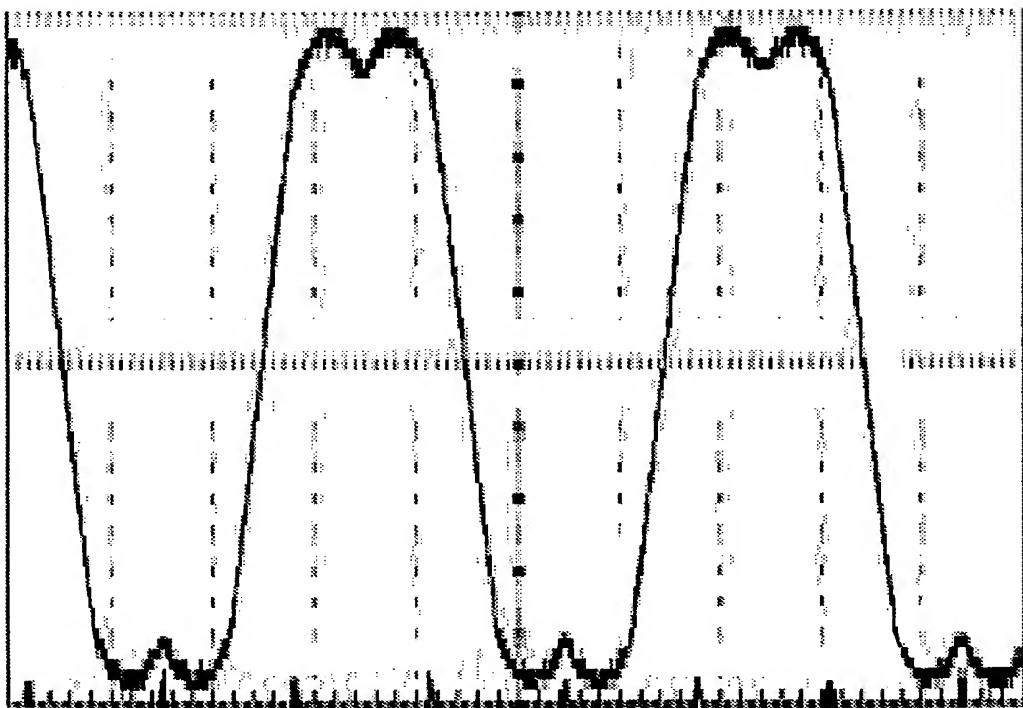
【図 8】



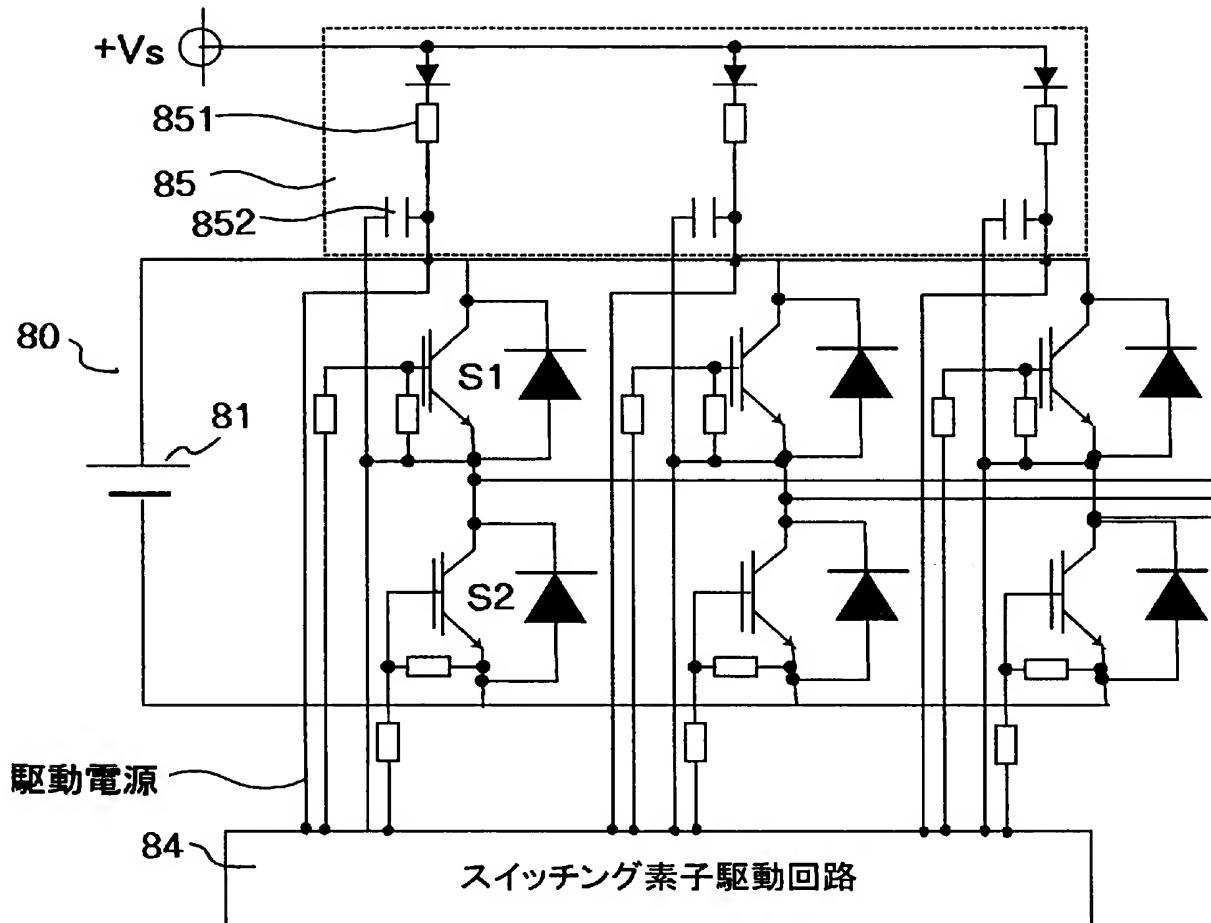
【図 9】



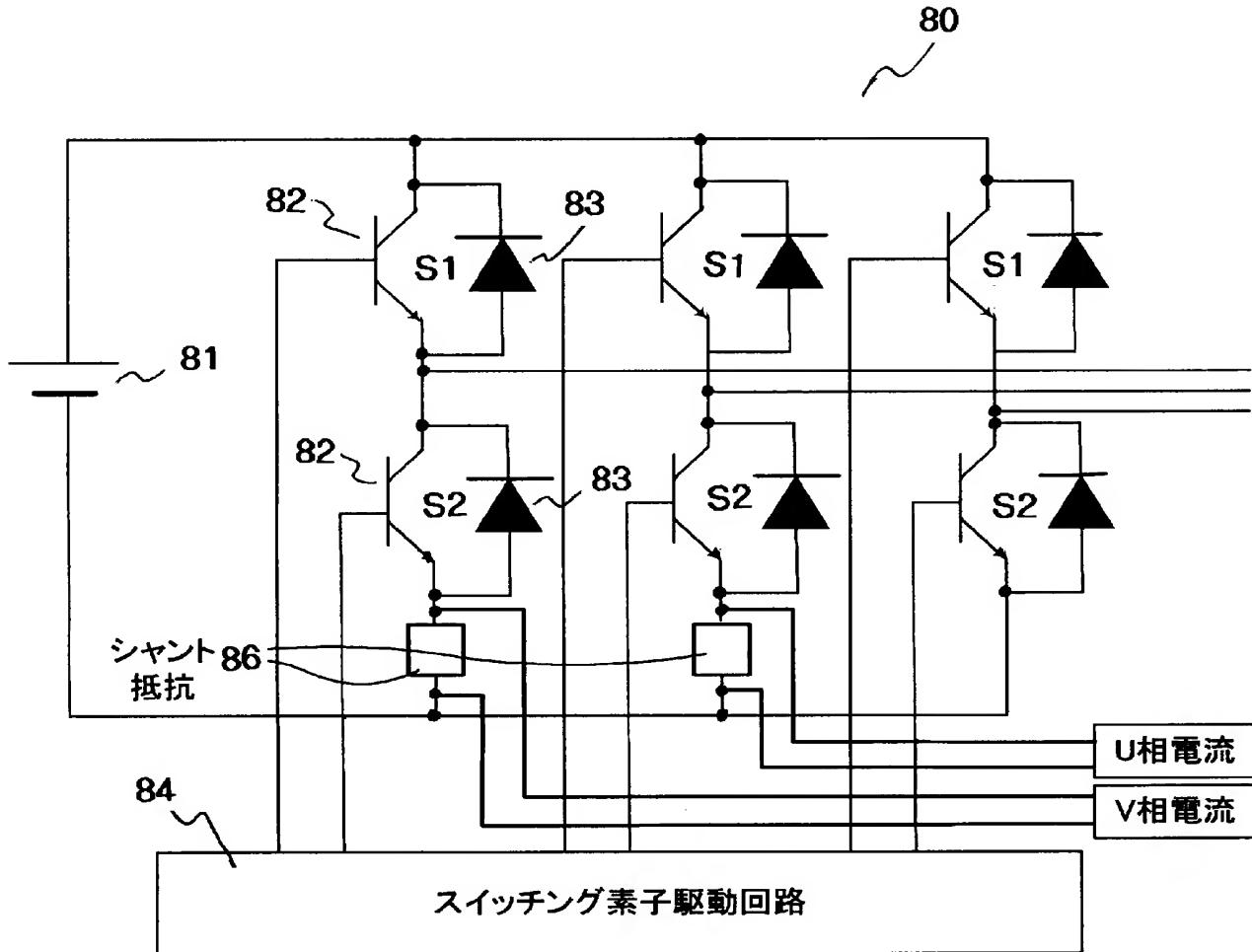
【図 10】



【図 1-1】



【図 1 2】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】電圧指令の変調波信号と搬送波とを比較して得られるパルス幅変調信号により制御される PWM インバータ装置の変調波信号作成方法であって、電圧出力を拡大することができる変調波信号作成方法を提供する。

【解決手段】搬送波の最大値以下でかつ搬送波の最小値より大きな範囲にある上限値を変調波に設ける変調波上限値 14 を作成し、この変調波上限値 14 を用いて複数相の変調波指令 13 を変調波制御部 4 において修正するようにした。

【選択図】図 1

出願人履歴

0 0 0 0 6 6 2 2

19910927

名称変更

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機